

BREVET D'INVENTION

Gr. 8. — Cl. 1.

N° 977.378



Perfectionnements relatifs à une charge explosive engendrant une impulsion servant aux explorations sismiques, et procédé d'exploration sismique.

Société dite : INSTITUTE OF INVENTIVE RESEARCH résidant aux États-Unis d'Amérique.

Demandé le 17 décembre 1948, à 13^h 55^m, à Paris.

Délivré le 8 novembre 1950. — Publié le 30 mars 1951.

(Demande de brevet déposée aux États-Unis d'Amérique le 27 février 1948, au nom de M. Thomas C. POULTER. — Déclaration du déposant.)

La présente invention est relative à la propection géophysique et particulièrement à la formation d'un front d'onde amélioré en vue d'obtenir des réflexions sismiques sur les couches souterraines.

L'invention se propose de produire un front d'onde perfectionné ayant de préférence la forme d'une onde de choc agissant simultanément sur une région étendue de la superficie terrestre, et présentant des propriétés directrices marquées. Par suite l'invention a aussi pour objet un procédé d'utilisation d'une charge creuse explosive permettant une utilisation plus efficace de l'énergie explosive et permettant d'atteindre, par suite, des couches souterraines très profondes avec une atténuation minimum. Ceci permet de prévoir des charges beaucoup plus faibles que les charges usuelles et qui sont, par suite, de fabrication et de manutention plus économiques.

L'invention a encore pour objet un front d'onde de choc étendu et un procédé d'utilisation de celui-ci, front d'onde caractérisé par le fait que sa fréquence prédominante est nettement supérieure à celle obtenue par les procédés classiques, permettant ainsi de séparer les impulsions reçues en provenance de couches ou strates très voisines, en dépit des limitations inhérentes aux circuits et à l'équipement des géophones de surface actuels. Suivant une autre caractéristique de l'invention, on engendre une onde de choc haute fréquence relativement plane dans laquelle l'énergie est maximum au centre et décroît progressivement vers la périphérie de l'onde.

Selon une autre caractéristique de la charge et de son mode d'utilisation, faisant l'objet de l'invention, une fraction importante de l'énergie explosive est convertie en une onde de choc se propageant dans le terrain sans altérer ni endommager la surface du sol. L'invention permet de supprimer la nécessité de forer des trous pour la mise en place des charges et permet de tirer en un même

point tout nombre voulu de charges en succession rapide. Etant donné que les caractéristiques du sol ne sont pas modifiées par chaque coup de mine, il devient possible d'obtenir une série de traces identiques ou se confirmant les unes les autres. D'autre part, grâce à la réduction de la main-d'œuvre requise pour chaque opération et le gain de temps réalisé sur la mise en place des charges successives, le prix de revient de chaque enregistrement oscillographique peut être réduit au minimum.

Selon une autre caractéristique, la charge perfectionnée et son procédé d'utilisation conformément à l'invention, peuvent servir à engendrer dans le sol non seulement un front d'onde plan, sensiblement unidirectionnel, mais permettent aussi de réaliser facilement un front d'onde convergent ou focalisé, dans lequel l'énergie explosive se trouve concentrée en un faisceau plus nettement défini, l'énergie de l'onde ayant, par suite, moins tendance à s'étaler ou à se dissiper. On peut utiliser avantageusement cette convergence pour augmenter l'effet directif du front d'onde, ce qui permet de la diriger de manière à provoquer sa réflexion directement vers une zone occupée par un ou plusieurs géophones. La mise en œuvre de l'invention permet d'interpréter facilement et rapidement des traces obtenues dans des conditions opératoires difficiles.

L'invention a aussi pour objet un ensemble explosif perfectionné établi de manière à réduire au minimum l'effet direct du souffle de l'onde sphérique et à concentrer l'énergie explosive en un faisceau ou un jet qui pourra facilement servir à produire une onde de choc bien définie, de forme générale plane, se propageant en direction soit d'une couche réfléchissante, soit d'un trajet de réfraction désiré.

Plus particulièrement, la charge explosive perfectionnée objet de l'invention convient tout spécialement à l'obtention de réflexions sur les couches sub-

Q - 00985

Prix du fascicule : 25 francs.

mergées sous l'eau sans mettre en danger la vie des poissons, ou autre faune ou flore aquatique. De plus, la charge, objet de l'invention, assure particulièrement bien la propagation des impulsions sismiques à travers la neige, les terrains meubles, le sable ou autres milieux superficiels de faible densité qu'il est difficile de pénétrer par les moyens ordinaires.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront au cours de la description qui va suivre faite en se référant au dessin annexé, sur lequel :

La figure 1 représente une charge creuse utilisée dans la mise en œuvre de l'invention ainsi que la silhouette du front d'onde qui en résulte;

La figure 1a est une vue en perspective du front d'onde de la figure 1 au moment où il frappe le sol, le sommet du cône étant dirigé vers l'observateur;

La figure 2 montre une charge creuse à deux pointes, dont les deux parties participent à la création d'un large front d'onde unique;

La figure 3 est une vue en coupe partielle d'une charge explosive utilisée dans la production du front d'onde représenté sur la figure 2;

La figure 4 illustre l'utilisation d'une charge creuse de même type général que sur la figure 3, mais modifiée pour donner un front d'onde convergent ou focalisé;

La figure 5 est une vue semblable à la figure 4, mais montrant la focalisation de l'énergie explosive sur un géophone situé à distance;

La figure 6 est une vue par-dessus d'une charge creuse établie conformément à un mode de réalisation de la présente invention;

La figure 7 est une coupe faite par 7-7 de la figure 6, montrant en outre la partie centrale du front d'onde résultant;

Les figures 8 et 8a représentent une charge du même type général que dans les deux figures précédentes mais comportant en outre une plaque protectrice;

La figure 9 est semblable à la figure 8, mais représente un dispositif de protection modifié à la surface inférieure de l'assemblage de la charge;

La figure 10 est un plan d'un ensemble de charge conformément à un mode de réalisation préféré de l'invention;

La figure 10a est une coupe transversale faite par 10a-10a de la figure 10;

La figure 11 montre une vue en plan du jet en éventail produit par la charge explosive des figures 10, 10a;

La figure 12 est une vue en élévation de la charge et du front d'onde qui en résulte, faite par 12-12 de la figure 11;

La figure 13 illustre l'effet de focalisation que l'on peut obtenir grâce à l'utilisation des ensembles explosifs du type représenté sur les figures 10, 10a;

La figure 14 montre la focalisation de l'énergie

explosive sur un point éloigné du point d'explosion; enfin,

La figure 15 montre les variations de l'amortissement en fonction de l'amplitude, dans le cas de deux dimensions des particules.

L'invention est susceptible de diverses modifications, variantes et applications, cependant un seul de ses modes de réalisation possibles étant représenté sur le dessin annexé et décrit dans ce qui suit. Il doit rester bien entendu que ce mode de réalisation particulier n'est donné qu'à titre d'indication et non de limitation.

Dans l'exploration géophysique, et notamment dans la prospection pétrolière, il est nécessaire de déterminer rapidement et avec une précision raisonnable l'emplacement des dômes et autres strates importantes même très profondes. On a proposé à cet effet de diriger l'énergie explosive par une disposition particulière des charges afin d'augmenter l'amplitude de l'onde réfléchie. Dans la plupart de ces dispositions, on distribuait les charges conformément à un schéma prédéterminé, puis on les tirait soit en même temps, soit suivant une succession réglée avec précision dans le temps. Mais, par suite des difficultés d'installation et du coût élevé tant de la main-d'œuvre nécessaire que des charges elles-mêmes, ces divers procédés de concentration de l'énergie explosive n'ont été que peu utilisés.

Conformément à la présente invention, on oriente des charges creuses et on les fait exploser au point d'explosion de manière à produire un ou plusieurs jets dont la direction est, en général, parallèle à la surface du sol. On constate que dans ces conditions, notamment lorsqu'on utilise des jets sans obstruction et à grande vitesse et longue portée, un front d'onde de choc se propage à la vitesse conique dans une direction presque perpendiculaire à celle des jets. En faisant exploser une charge du type décrit bien au-dessus de la surface du sol, le front d'onde qui se propage à travers le terrain peut rester sensiblement plan sur une étendue considérable. La forme du front d'onde, l'étendue de la zone intéressée, le niveau d'énergie utilisé et divers autres facteurs sont tels que la pénétration se fait facilement non seulement dans la couche superficielle altérée du sol mais aussi dans les couches profondes du sous-sol. D'autre part, en plus de cette amélioration de la pénétration, les caractéristiques de fréquence sont telles que l'on obtient une trace nette et positive, facile à interposer.

Suivant un autre aspect de l'invention, la charge perfectionnée fait partie d'un nouvel ensemble explosif assurant la concentration de l'énergie du jet et réduisant au minimum l'effet de souffle direct de l'explosif. L'invention permet de mieux faire converger ou focaliser le front d'onde pour guider l'énergie jusqu'au point de détection.

La figure 1 du dessin représente une charge creuse 10 dans l'une des extrémités de laquelle est pratiquée une dépression ou cavité conique 11. Cette cavité est du type dit Munroc et l'angle au sommet du cône est de préférence d'environ 45°. L'explosion de la charge 10 au moyen d'un détonateur approprié engendre un jet 12 qui se propage à grande vitesse en partant de l'explosif suivant l'axe de la dépression conique. En faisant appel au TNT (trinitroglycérine) ou, si on le désire, des explosifs plus brisants et contenant une plus grande somme d'énergie que le TNT, on peut aisément atteindre des vitesses atteignant jusqu'à trente ou quarante fois la vitesse sonique. Les charges d'explosifs connus dans la technique sous les noms de RDX et C-3 se sont révélés particulièrement satisfaisantes et donnent naissance à des jets de 12.000 mètres par seconde ou davantage. De préférence, le cône est doublé ou garni d'une couche de métal comme on l'a indiqué en 13 pour intensifier l'onde de choc créée par le jet. On comprendra qu'un garnissage en tôle ou toute autre matière dense est applicable à toutes les charges décrites, et on ne mentionnera par suite pas explicitement ce garnissage lorsqu'on décrira les charges en détail.

Dans la mise en œuvre de l'invention, la charge creuse 10 a une orientation telle que la direction du jet 12 est en général parallèle à la surface du terrain indiqué en 14. Ainsi, le front de l'onde de choc conique 15 produite par le jet se propagera vers le sol comme l'indiquent les flèches. La charge étant disposée au-dessus du niveau du sol, à une hauteur de 1,50 m ou 1,80 m (ou davantage), il est évident que l'enveloppe du front d'onde de choc aura un diamètre moyen relativement grand au moment où le front d'onde vient frapper le sol. Par suite, le contact réalisé est plus que linéaire; en effet, le front d'onde frappe le sol sensiblement à plat, suivant une bande 17 (fig. 1a) ayant une largeur moyenne d'environ 0,30 cm ou davantage et une longueur de 60 mètres environ. Grâce à ce contact quasi-simultané sur une grande surface de terrain, le front d'onde conservera sa nature plane, et l'énergie explosive sera dirigée sensiblement en ligne droite vers le bas. L'établissement sphérique et la dissipation du front d'onde, si communs dans la technique antérieure, se trouveront grandement réduits.

De préférence, la charge est orientée vers le bas suivant un petit angle A (fig. 1) égal à l'angle de Mock, de sorte que la partie inférieure du front de l'onde de choc 15 soit presque exactement parallèle à la surface du sol 14. L'angle de Mock, qui est la moitié de l'angle au sommet B de l'onde de choc conique, est fonction de la vitesse du jet résultant, et est donné par la relation approchée

$$\frac{B}{2} = \tan^{-1} = \left(\frac{\text{vitesse sonique}}{\text{vitesse du jet}} \right). \text{ En utilisant des}$$

jets à haute vitesse de l'ordre de 12.000 mètres par seconde, on trouvera pour l'angle B une valeur très faible, de l'ordre de 5 à 10°. Un technicien comprendra que si la vitesse du jet était infinie, l'angle B serait nul et le front d'onde 15 serait cylindrique et non conique comme représenté. Sur la figure 1, ainsi que sur les figures qui suivent, on a volontairement exagéré l'angle B pour plus de clarté. En pratique, il faut utiliser des charges donnant l'angle de Mock le plus petit possible, car on obtient alors une surface maximum pour la bande de contact 17.

Si on le désire, pour l'effet directif, la charge creuse 10 peut être encore plus inclinée vers le bas que cela n'a été représenté. Le front d'onde progresserait alors vers le bas et vers la gauche selon la figure 1. Ou encore, on pourrait incliner la charge vers le haut pour que le front d'onde se propage vers le bas et vers la droite selon cette figure.

En se référant à la figure 2, on voit une charge creuse modifiée 20 dans laquelle des cavités coniques 21, 22 sont pratiquées pour produire des jets opposés 24, 25. Chacun des jets 24, 25 étant dirigé vers le bas par rapport à l'horizon, sous un angle

A égal à l'angle de Mock $\frac{B}{2}$, les fronts d'onde

associés 28, 29 se confondent et sont donc dirigés suivant une même ligne droite. Par ce moyen on peut étaler l'énergie imprimée au terrain sur une surface double de celle possible avec un jet unique. La figure 3 montre la constitution de la charge creuse 20 en détail; cependant l'homme de l'art comprendra que l'explosif peut ne pas présenter une forme générale tubulaire, mais peut avoir une forme à peu près quelconque pourvu que les axes des cavités coniques 21, 22 soient orientés vers le bas par rapport à l'horizontale moyenne, d'un angle sensiblement égal à A. Il est évident d'après la figure 2 que l'angle entre les jets 24, 25 sera inférieur à l'angle de 180° d'une quantité égale au double de l'angle de Mock. Autrement dit, l'angle entre les jets 24, 25 sera inférieur à 180° d'une quantité égale à l'angle au sommet B du front d'onde conique.

Suivant un des aspects plus particuliers de l'invention, la charge creuse 20 peut être constituée de telle façon que l'angle entre les jets 24, 25, au lieu d'être numériquement égal à (180° — B), soit un peu inférieur à cette valeur. Cette dernière disposition est représentée sur les figures 4 et 5 auxquelles on se reportera maintenant. Dans ces figures, on s'est servi des mêmes nombres de référence suivis de a pour indiquer les parties analogues à celles de la figure 2 déjà décrite.

Puisque les jets 24a, 25a (fig. 4) forment un angle C plus aigu que celui représenté sur la figure 3, les parties correspondantes 28a, 29a du

front d'onde ne se trouvent plus en ligne droite mais sont légèrement inclinées l'une sur l'autre. Il s'ensuit que l'énergie provenant du front d'onde 28a passe par le trajet 32 en descendant vers un horizon réfléchissant 34. D'une manière analogue, l'énergie provenant de la partie 29a du front d'onde descend suivant le trajet 33, qui vient aussi frapper l'horizon réfléchissant en recouvrant ou chevauchant le trajet 32. Après que l'énergie a frappé cet horizon elle est réfléchi vers le haut suivant les deux trajets 36, 37 qui se confondent, et frappe la surface du terrain 14 dans la région 39. Ici le signal est capté par le géophone G. Pour mieux mettre en valeur sur le dessin la convergence des trajets 36, 37, ces derniers ont été hachurés, et l'on voit que les hachures se confondent de plus en plus vers le sommet de la figure. Il est apparent au technicien que la concentration de l'énergie explosive augmente grandement le niveau de l'impulsion reçue dans la région 39, en permettant ainsi la réception de signaux provenant de profondeurs plus grandes, au moyen de charges explosives classiques, tout en utilisant moins de matière explosive.

Sur la figure 5, on voit que la charge explosive creuse 20a se prête aisément au rayonnement de l'énergie vers un géophone G situé à distance du point d'explosion. Sur cette figure, les trajets de l'énergie projetée vers le bas ont été désignés par 40 et 41, et ils viennent frapper l'horizon submergé 34 pour former des trajets d'énergie réfléchi 42, 43 qui se confondent dans une région 45 où est placé le géophone. La figure a été simplifiée et ne montre pas la réfraction du front d'onde au moment où il frappe le sol. Cette réfraction peut naturellement être corrigée par une légère réduction de l'inclinaison par rapport à la surface sur laquelle on agit.

L'un des principaux avantages de la convergence représentée sur les figures 4 et 5 consiste en ce qu'elle corrige l'étalement ou la « frange » qui se produit dans le front d'onde lorsque celui-ci se propage vers des horizons profondément submergés. Une autre raison pour laquelle on donne cette convergence aux fronts d'onde est que les cônes qui les constituent n'ont pas une forme précise et peuvent être émoussés par suite de l'abaissement du jet vers la fin de son parcours. Pour la plupart des cas pratiques, l'angle C entre les jets peut être inférieur de 5 à 10° à (180° — B), ce qui revient à dire que les deux parties 28a, 29a du front d'onde sont inclinées l'une sur l'autre de 5 à 10°. Si on le désire, on peut utiliser successivement plusieurs charges dans lesquelles l'angle C a des valeurs graduées ou échelonnées, en choisissant ensuite l'enregistrement dans lequel le signal réfléchi est le plus net.

On a constaté que le front d'onde conique indi-

qué sur les figures 1 à 5 donne une intersection relativement plane, avec une bande appréciable 17 de la surface du terrain; cependant, l'on a observé pouvoir améliorer la planéité du front d'onde en utilisant une charge explosive donnant un jet en éventail. Une charge de ce genre est représentée sur les figures 6 à 7 et est désignée par la référence générale 48. La charge, de préférence circulaire ou en forme de disque est pourvue d'une gorge 49 en forme de V dans sa périphérie. Pour faire éclater cette charge, on utilise une capsule détonatrice centrale 54 logée dans une cavité 55. On peut éventuellement prévoir une petite surcharge entourant la capsule du détonateur.

Dans la mise en œuvre de l'invention, on donne aux deux parois opposées 50, 51 de la gorge un angle tel que le jet en éventail 52 qui s'élargit suivant la surface symétrique de la rainure, soit dirigé vers le bas, à la manière d'un parapluie, par rapport au plan de la charge, sous un angle A. Un peu comme sur la figure 1, l'angle A peut être choisi de telle sorte que le front de l'onde de choc produite par le jet 52 se propageant vers le bas latéralement à partir du jet frappe le sol à plat sur une grande superficie. Pour montrer le front d'onde sensiblement plan produit par la charge 48, on l'a indiqué en 56 sur la figure 7, progressant vers le bas en direction du sol dans le sens des flèches 58.

Bien qu'une proportion considérable de l'énergie explosive dérivant du jet 52 apparaisse dans le front de l'onde de choc 56, on a constaté qu'il s'y superpose un effet explosif supplémentaire. En somme, l'explosion du corps principal de la charge produit un front d'onde 59 à souffle direct de forme générale sphérique. Ce dernier se propage à une vitesse supersonique dans la région de la charge et peut ainsi précéder le front de l'onde de choc qui se propage à la vitesse du son. Mais, comme le souffle sphérique ralentit jusqu'à la vitesse du son lorsque sa distance à partir de la charge augmente, il en résulte en définitive que l'onde plane se déforme, par exemple en créant un « bombement » 60 dans sa partie centrale. D'autre part, à faible portée, le géophone peut enregistrer à la fois le front d'onde plane et le front d'onde sphérique, l'ordre de la réception étant différent suivant que c'est la partie centrale ou la partie périphérique de l'onde de choc qui est reçue. En conséquence, il est désirable de limiter l'attention au front de l'onde plane 56. Bien que l'on puisse tenir compte dans une certaine mesure de celui-ci lors de l'interprétation de l'enregistrement du géophone, on propose, conformément à l'invention, de réduire au minimum ou de supprimer à peu près complètement l'onde sphérique 59 à sa source même en prévoyant une nouvelle plaque protectrice qui limite l'ampleur de l'énergie du souffle direct et la convertit en une forme utilisable.

Sur les figures 8 et 8a, on voit que l'ensemble indiqué d'une manière générale par 62 comprend une charge en forme de disque 48 sous laquelle est disposée un écran protecteur relativement massif 64. Cette plaque peut, par exemple, être constituée par un écran métallique circulaire, en acier par exemple, de rayon un peu plus grand que celui de la charge elle-même et ayant une épaisseur égale ou supérieure à 1,6 cm. Les essais ont montré que la masse de l'écran 64 tend à freiner le front d'onde sphérique à grande vitesse (telle que 59 sur la fig. 7) tout en n'exerçant sur le front d'onde sensiblement plan produit par le jet 52 qu'un effet retardateur faible ou nul. Le front d'onde sphérique est ainsi ralenti immédiatement jusqu'à la vitesse du son, détruisant sensiblement son identité en tant que signal distinct. Les essais ont démontré que l'onde sphérique se confond et s'ajoute à l'onde de choc produite par le jet, en augmentant de beaucoup l'efficacité de cette dernière onde.

Plus précisément, l'énergie du souffle ralenti paraît « combler » l'intervalle entre les deux ondes de choc. Le front d'onde composite ou résultant, transmis au géophone, est ainsi sensiblement uniforme et continu. La masse de l'écran protecteur, comme il sera évident à l'homme de l'art, peut être réglée de manière à assurer une fusion optimum entre l'onde de choc plan et l'onde du souffle direct.

De préférence, l'écran en acier est en outre doublé d'une matière susceptible d'absorber l'énergie de souffle dirigée vers le bas. Cet écran supplémentaire est indiqué sur la figure 9 où l'ensemble explosif indiqué d'une manière générale par 65 comprend aussi un réceptacle 66 rempli d'eau, de sable, ou l'équivalent. Ces deux matières se sont révélées comme étant des amortisseurs d'énergie satisfaisants. Le sable est dense, tout en étant composé de particules si petites qu'il n'en résulte aucun danger. L'eau, de son côté, présente l'avantage supplémentaire d'absorber, en partie, le souffle direct par sa chaleur de vaporisation. Il sera évident pour le technicien qu'on pourrait utiliser d'autres matières inertes de grande densité et distribuées à peu près comme on l'a indiqué.

Conformément à l'un des aspects de l'invention, l'effet de souffle dirigé vers le bas exercé par l'explosif est sensiblement réduit et l'énergie est plus complètement concentrée dans le jet explosif au moyen de la charge creuse que représentent les figures 10 et 10a. Ici, l'ensemble 68 de la charge comprend un corps 69 d'explosif puissant, de préférence en forme de disque et présentant dans sa périphérie une gorge circulaire 70 de section en V. Les faces de la charge explosive 69 sont évidées en 71 et 72 pour former des dépressions à peu près tronconiques, de manière que la plus grosse partie de la charge soit placée à côté des parois de la gorge 70. La partie centrale 74 de la charge est

ainsi réduite à une cloison relativement mince dans le centre de laquelle on peut introduire le détonateur 75. Celui-ci assure la régularité de la détonation en tous les points de la périphérie de la charge.

Dans la mise en œuvre de l'invention, l'ensemble explosif comprend une base constituée par un corps de protection conique 76 qui s'évase vers l'extérieur considérablement au delà de la charge. Ce corps est formé de préférence par du sable mouillé qui peut être mis sous la forme d'un monticule sur une plaque de support 78 en « Celotex » ou matière analogue. Pour ménager la forme primitive du monticule on peut l'entourer d'une légère enveloppe conique 79 en papier, en métal, ou en autre matière en feuille. On préfère le papier parce que ses fragments ne constituent pas des projectiles dangereux. On a constaté pouvoir encore réduire l'effet de souffle et intensifier le jet 52 en donnant au monticule de sable 76 une forme telle que sa pente prolonge sensiblement la surface inférieure 70a de la gorge 70, bien que l'on puisse se permettre quelques variations dans la pente donnée au monticule.

Dans la mise en œuvre de l'invention, on utilise un écran de protection supérieur 80 de forme générale semblable à l'écran de protection inférieur 76. L'écran 80 est formé par du sable humide et est maintenu à la forme voulue par une enveloppe 81 dont la partie inférieure 84 est conique. Sa partie supérieure 85 peut aussi être conique si on le désire. Cette enveloppe peut être en toute matière convenable, par exemple en tôle d'acier légère ou en papier laminé pour les raisons indiquées ci-dessus. Si on le désire, on peut utiliser pour l'écran de protection supérieur 80, un cône de support unique. Dans ces conditions, un cône de faible profondeur 84 est logé dans la partie supérieure de la charge explosive et on entasse sur ce cône du sable humide pour former un monticule conique ayant à peu près les proportions représentées.

Les figures 11 et 12 montrent la forme générale du front d'onde produit par l'ensemble de la charge explosive 68. L'axe de la gorge 70 étant dirigé vers le bas sous un petit angle A par rapport à l'horizon, le jet en éventail 52 qui s'étend autour de la périphérie de la charge aura la force d'un cône de faible hauteur donnant naissance de chaque côté à un front d'onde de choc étendu. Le côté inférieur du front d'onde de choc est sensiblement plan et, comme le montre la figure 11, sa forme est à peu près circulaire vue en plan. Le front supérieur 88 de l'onde de choc est convexe et l'énergie qu'il contient se perd dans l'espace, de sorte qu'il est inutile d'en parler davantage.

En frappant le sol, le front d'onde plan 86, bien que se propageant à une vitesse plus élevée qu'à travers l'air, conserve sa forme à peu près inaltérée. L'énergie que contient ce front d'onde peut

donc être regardée comme rayonnée en faisceau suivant une trajectoire sensiblement rectiligne, jusqu'à ce qu'elle rencontre une couche réfléchissante souterraine par laquelle elle est réfléchie vers la surface du sol pour être enregistrée par un géophone convenable. Comme l'énergie n'est pas dissipée comme elle l'est avec les charges explosives des types classiques, on peut obtenir des sondages fidèles à des profondeurs supérieures à ce que l'on avait cru possible auparavant. Dans certains essais effectués en corrélation avec la mise au point de la présente invention, on a pu recevoir des échos renvoyés par des couches situées à des profondeurs supérieures à 15.000 mètres. Malgré ce grand pouvoir de pénétration, le poids des charges explosives utilisées lors des essais dont il est question était notablement inférieur à celui des charges employées normalement dans les mesures sismiques. Il a été constaté qu'une seule explosion suffit à obtenir des réflexions provenant de profondeurs très différentes, alors que les explosions usuelles exigent que l'importance de la charge soit proportionnelle à la profondeur à laquelle on désire obtenir la réflexion.

Il est possible non seulement de rayonner l'énergie explosive sous la forme d'un front d'onde plan, mais aussi, en modifiant légèrement la constitution de l'ensemble explosif 63, de faire converger ou de focaliser l'énergie du jet. A cet effet, on augmente l'angle A (fig. 10a) pour lui donner une valeur A' (fig. 13) supérieure à celle de l'angle A sur la figure 10a, cette augmentation étant fonction du degré de focalisation désiré. L'angle C entre les jets est ainsi égal à celui décrit à propos des figures 4 et 5. Au lieu d'être plan, le plan inférieur 86 de l'onde prend dans ces conditions la configuration concave 86' représentée sur la figure 13. Cette concavité procure plusieurs avantages. Comme on l'a déjà dit, la perte d'énergie due à la « frange » ou à la dispersion périphérique de l'onde pendant sa propagation est réduite et l'énergie contenue dans la partie centrale du faisceau est maintenue à un niveau d'amplitude élevé. Un autre avantage résulte de la forme du profil conique représenté sur la figure 12. Sur cette figure, les extrémités de gauche et de droite ont été indiquées comme formant des pointes aiguës, les côtés adjacents étant rectilignes sur toute leur longueur. Pratiquement, la vitesse du jet 52 diminuera quelque peu à mesure de sa propagation vers l'extérieur, en éoussant plus ou moins cette pointe. Autrement dit, le ralentissement du jet tend à enrayer les extrémités extérieures du front d'onde 86 vers le haut. Bien entendu, ceci est désavantageux puisque l'énergie contenue dans ces parties de l'onde serait dirigée en sens opposé à l'axe de la charge, au lieu d'être dirigée vers l'axe. En donnant à l'ensemble du front d'onde 86' une forme concave,

on corrige en conséquence la perte de vitesse du jet et on assure une meilleure conservation de l'énergie dans le faisceau.

Un autre avantage de la concavité du front d'onde 86', particulièrement applicable au mode de réalisation préféré de l'invention, consiste dans le fait qu'elle permet un effet directif plus précis de l'énergie explosive. On voit ainsi, sur la figure 13, que chaque élément radial de la surface 86' progresse vers le bas mais est légèrement incliné vers l'axe de la charge. En conséquence, après avoir frappé la couche souterraine 34, la plus grande partie de l'énergie du front d'onde 86' est reçue dans une surface limitée 38. Un géophone placé dans cette zone 38 donnera donc une réponse ou une lecture digne de confiance malgré la très grande profondeur éventuelle de la couche réfléchie 34.

Si on le désire, l'ensemble explosif 63 peut subir une inclinaison globale comme on l'a indiqué sur la figure 14, de sorte que le front d'onde convergent soit pointé vers une région 89 éloignée de l'emplacement de la charge. Ce mode opératoire est applicable tant à l'explosion par réflexion que par réfraction, et présente plusieurs avantages. D'abord, le géophone ne se trouve pas placé dans le rayon de souffle direct de la charge et il faudra donc prendre moins de précautions pour éviter la détérioration de l'instrument.

D'autre part, on peut se servir d'une lecture faite au géophone placé dans la région 89 pour déterminer la profondeur dans une région 90 située entre la charge explosive et le géophone. En se référant à la demande de brevet copendante du demandeur relative au « Procédé par réverbération », il sera évident que l'ensemble de la charge explosive peut être orienté d'une manière générale suivant un trajet de réverbération choisi. La réverbération particulière correspondant à ce trajet sera alors intensifiée sur l'enregistrement du géophone.

Les essais pratiques sur le terrain ont démontré que la charge et le procédé perfectionnés, objet de l'invention, permettent d'accomplir des sondages dignes de confiance à de grandes profondeurs, notamment à l'aide de la charge modifiée des figures 10, 10a. Pour pouvoir donner tous renseignements voulus à ceux qui seraient appelés à mettre l'invention en œuvre, on a conduit des recherches approfondies pour déterminer les raisons de ce pouvoir de pénétration exceptionnel. On rappelle que la technique courante consiste à forer des trous de mine dont la profondeur varie entre 10 et 25 mètres ou plus pour faire éclater la charge bien en dessous de la couche de terrain meuble soumise à l'altération superficielle. En effet, si l'on faisait exploser la charge au-dessus de cette couche meuble les signaux résultants seraient en général fortement atténués. Selon l'invention, par contre, on a constaté que même en faisant partir les char-

ges dans ou au-dessus de la surface du terrain, la pénétration de la couche superficielle altérée se fait aisément, et la profondeur comme la composition de cette couche n'exercent que peu d'influence sur l'enregistrement obtenu. Les observations indiquent que ce fait est dû à ce que les procédés décrits mettent à profit, de par leur nature même, certaines propriétés d'atténuation des granules. Ainsi en étudiant les caractéristiques d'amortissement ou d'absorption de la terre, du sable, et du gravier, on a trouvé que la courbe de l'amortissement en fonction de l'amplitude de l'onde transmise a à peu près la forme d'une courbe en forme de cloche, présentant une partie centrale aplatie, mais décroissant de part et d'autre d'une certaine marge déterminée de valeurs. Dans le cas du sable, l'allure de la courbe est donnée en 92 sur la figure 15. On remarquera que sur cette figure, bien qu'il se produise un amortissement important sur une grande marge d'amplitudes, ce n'est qu'aux amplitudes très faibles ou très élevées que la transmission de l'énergie explosive s'effectue avec efficacité. Dans le cas du gravier, la courbe d'amortissement a une allure générale similaire mais est décalée vers la droite comme on l'indique en 94. Si la couche superficielle du terrain comprend des particules ayant une grande diversité de dimensions, l'amortissement global est à peu près donné par l'enveloppe des courbes 92, 94.

Il était d'usage, dans le passé, de tenter d'augmenter l'amplitude de l'onde transmise pour essayer de pénétrer ainsi les couches à faible pouvoir de transmission par la force brutale. Or, il est possible d'assurer l'accroissement voulu de pénétration en procédant précisément à l'inverse, c'est-à-dire en diminuant l'amplitude du front d'onde appliqué à la surface du sol, jusqu'à une région de la courbe voisine de l'axe des abscisses, et désignée par 95 sur la figure 15. Ceci ne se fait pas aux dépens de l'énergie totale communiquée à la terre pour les besoins de la prospection sismique, puisque la superficie totale sur laquelle on agit au moyen du front d'onde plan ou concave 86 ou 86' est suffisamment grande pour compenser, et au delà, la diminution d'amplitude de l'onde appliquée. On se rend ainsi aisément compte que l'énergie contenue dans le front d'onde a la possibilité d'atteindre une grande profondeur sans décroître appréciablement, et tout en donnant encore des intensités suffisantes pour assurer des enregistrements sûrs au géophone. Les couches de sable ou de gravier situées à des profondeurs considérables sont également pénétrées avec facilité, et n'ont que peu d'effet sur le signal reçu.

Une autre raison du pouvoir de pénétration du front d'onde produit par le procédé objet de l'invention, paraît être le mode même de distribution de l'énergie dans la section droite du faisceau. En

se reportant aux figures 1, 2, 4, 5, 12, 13 et 14, on voit que dans tous les cas le front d'onde vient s'appliquer sur le sol sous la forme approximative d'un plan. Dans le cas de la charge en forme de disque, l'application se fait à peu près suivant un plan selon les deux dimensions horizontales. Cependant, ce qui précède ne se rapporte qu'à la forme de l'onde, et ne précise pas son amplitude. Celle-ci, de son côté, reste relativement importante dans une large zone entourant la charge, mais diminue progressivement jusqu'à un niveau plus faible vers la périphérie du faisceau. La répartition de l'énergie peut, en général, être considérée comme plus ou moins en forme de cloche, et symétrique par rapport à l'axe de la charge. Il n'existe donc aucune surface de discontinuité brusque au pourtour du faisceau et, par suite, la perte sonique à cette frontière est réduite au minimum. Il faut aussi se rappeler que la surface du faisceau, tout en étant grande, reste assez limitée et que la concentration de l'énergie, surtout au centre du faisceau, est assez élevée pour que les réflexions étrangères ou parasites soient réduites au minimum. On sait que ces réflexions parasites peuvent être dues, par exemple, à la réception d'impulsions provenant de deux parties décalées d'une couche de faille. Ainsi, le procédé, objet de l'invention, se distingue des procédés d'exploration sismique dans lesquels on fait exploser des charges bien au-dessus de la surface terrestre à partir d'un avion par exemple, le niveau d'énergie au sol étant faible au point d'être pratiquement inutilisable.

Un autre facteur encore qui contribue à l'efficacité de l'onde de choc paraît être la nature même de l'onde, notamment en ce qui concerne la raideur ou l'acuité du front d'onde et les composantes de fréquence prédominantes. Les essais démontrent que l'onde de choc se propageant dans l'air est constituée par une impulsion initiale de grande amplitude et ayant un front d'onde extrêmement raide, suivie de quelques impulsions relativement faibles. Lorsque cette onde a rencontré le terrain sur une grande surface et s'est réfléchi sur un horizon submergé, on constate en général que l'onde reçue au géophone possède en général une fréquence plus élevée que les ondes reçues au moyen des techniques classiques. Dans les conditions pratiques sur le terrain, on a reçu des ondes ayant une fréquence prédominante de 100 cycles, alors qu'on obtient normalement une fréquence aux environs de 33 cycles seulement. Or les hautes fréquences présentent au moins un double avantage. En premier lieu, il apparaît que les ondes haute fréquence s'accompagnent d'un meilleur rendement de la transmission de l'énergie explosive vers le terrain, ainsi que d'une meilleure conductibilité de cette énergie à travers le sol, pour les niveaux d'énergie utilisés conformément à l'invention. En second

lieu, l'augmentation de la fréquence caractéristique permet de séparer plus facilement sur la trace du géophone les couches très rapprochées.

En ce qui concerne ce dernier point, il faut se rappeler que les géophones ordinaires sont réglés à un état de fonctionnement qui constitue un compromis. En effet, si l'on règle d'une part le géophone en vue de la sensibilité maximum, l'amortissement est faible et une forte impulsion reçue se traduit sur le ruban du géophone par un train d'ondes relativement long, dont les derniers cycles tendent à masquer les impulsions reçues en provenance des couches sous-jacentes peu profondes. Si au contraire on augmente l'amortissement de telle sorte que l'impulsion reçue s'annule après une ou deux périodes seulement, la sensibilité est fortement diminuée. Même si on le règle à un état intermédiaire, le géophone est incapable de donner une indication nette de couches très proches les unes des autres. Par contre, lorsque la fréquence prédominante est environ trois fois plus élevée que la fréquence normale, comme c'est le cas dans le procédé objet de l'invention, il est possible d'amortir une impulsion d'onde reçue, en un temps trois fois plus court sans sacrifier la sensibilité. On voit donc que la charge explosive et le procédé conformes à l'invention permettent de surmonter certains inconvénients inhérents aux géophones actuels.

La cause de cette augmentation de la fréquence a également fait l'objet de recherches. Il semble que le jet ne rencontrant pas d'obstacle, il ne se produit aucun écrasement du milieu ambiant comme dans le cas par exemple des charges enterrées. Ainsi, l'énergie haute fréquence qui est normalement dissipée pour produire cet effet d'écrasement est ici conservée. D'autre part, comme la déflagration a lieu dans un milieu élastique (l'air) et comme l'énergie n'est appliquée à la surface du terrain qu'après sa conversion à une amplitude plus faible, la valeur élevée de la fréquence ainsi que la raideur du front de l'onde de choc se trouvent préservées jusqu'au moment de la détection par le géophone. Enfin, en ce qui concerne la fréquence, les expériences montrent que la charge et le procédé décrits réduisent au minimum les pertes d'énergie par la vibration basse fréquence d'environ dix cycles par seconde, appelées dans la technique «roulement au sol».

Grâce à la faible quantité d'énergie communiquée à la terre par unité de surface, la charge explosive et le procédé d'utilisation de celle-ci, conformément à l'invention, offrent une grande utilité pratique pour les sondages dans les masses d'eau. Pour maintenir la charge à la hauteur voulue au-dessus du niveau de l'eau, on pourra évidemment utiliser n'importe quelle bouée ou cadre flottant approprié. Au cours de ces dernières années, on a effectué des prospections très étendues dans

les eaux côtières, et l'importance prise par les champs pétrolifères au large des côtes devient de plus en plus grande. Or, la déflagration de charges explosives dans l'eau offre l'inconvénient d'entraîner la mort de grand nombre de poissons sous l'action du choc. Ces poissons ayant une grande valeur commerciale, il importe de les préserver. Il est intéressant par conséquent de remarquer que, dans la mise en œuvre de l'invention, l'amplitude de l'onde de choc est en elle-même suffisamment basse pour ne pas endommager, à un degré observable, la faune et la flore aquatiques.

Les modes opératoires décrits sont encore éminemment appropriés dans certains cas où les installations classiques sont entièrement inutilisables. Ainsi, en effectuant des mesures de profondeur des couches de neige dans l'Antarctique, on a constaté qu'il est pratiquement impossible d'obtenir de bonnes réflexions en enfonçant dans la neige des charges explosives importantes. La raison en est apparemment double. D'abord, l'air emprisonné dans les couches de neige forme un isolant sonique ou «insonorisant» efficace vis-à-vis des impulsions à niveau d'amplitude élevé et, d'autre part, la neige constitue un moyen de condensation extrêmement efficace pour les gaz chauds résultant de l'explosion. L'invention permet, par contre, d'envoyer les impulsions sismiques à travers les neiges même peu denses sans affaiblissement notable.

Le temps requis pour établir une installation de mine conformément à l'invention est extrêmement bas. Il suffit de planter dans le sol un support tel qu'un poteau de un à trois mètres de haut et d'y placer la charge. Il est évident qu'on peut, si on le désire, élever la charge à une hauteur un peu plus grande lorsqu'on désire obtenir un front d'onde plan ou concave sur une superficie plus grande. Il n'y a aucun besoin de forer des trous de mine. Ce point est particulièrement intéressant dans certaines régions où le point d'exploration voulu est d'accès difficile ou lorsque le trou de mine doit pénétrer à travers des couches de roc dur ainsi qu'une ou plusieurs couches de sable et de gravier. Le gain de temps est encore plus grand que l'on pourrait le supposer; en effet, lorsqu'on utilise les procédés classiques l'explosion d'une charge provoque souvent l'éboulement du trou de mine et nécessite de le forer à nouveau avant de pouvoir tirer un nouveau coup de mine. Par contre, il est possible de tirer un grand nombre de charges du type décrit, en succession rapide, sans endommager le terrain, et en n'endommageant la végétation qu'à un degré insignifiant. Lorsqu'on doit opérer sur un terrain appartenant à des tiers, il est souvent nécessaire de payer des sommes élevées pour avoir le droit d'utiliser des explosifs pour ébranler les couches, et cela surtout pour dédommager le propriétaire des détériora-

tions occasionnées par le transport et la mise en place de lourds appareillages de forage. La mise en œuvre de l'invention doit éliminer ces objections de la part du propriétaire du terrain et les droits doivent en conséquence se ramener à une somme purement nominale.

Au cas où l'on utilise un point de tir unique avec plusieurs géophones, on peut faire exploser plusieurs charges, dont chacune sera focalisée d'une manière générale dans la direction voulue pour être recueillie par un géophone correspondant. On pourra ainsi réaliser des enregistrements sur lesquels le signal reçu est maximum et où le signal désiré ne risque pas d'être masqué par des bruits souterrains ou des réflexions parasites qui rendent difficile la lecture des géophones courants. Grâce à la concentration de l'énergie explosive dans un front d'onde plan ou concave, on peut utiliser des charges plus faibles que celles utilisées par le passé. On a pu obtenir des réflexions dignes de confiance à l'aide de charges ne dépassant pas le dixième de celles utilisées précédemment dans des conditions analogues.

Bien que le dessin ait particulièrement montré l'application de l'invention au tir par réflexion, il sera évident à l'homme de l'art qu'elle est tout aussi avantageuse au tir par réfraction, c'est-à-dire dans les procédés où la trajectoire du front d'onde est réfractée ou infléchi, et se propage en dessous de la surface terrestre sur des distances considérables, plus ou moins horizontalement. Dans l'application de l'invention au tir par réfraction, il suffit d'orienter la charge de telle sorte que le faisceau ou la trajectoire de propagation de l'énergie maximum de l'onde de choc soit incliné vers le bas et vers les géophones détecteurs. On a constaté que ceux-ci peuvent se trouver à 12,8 km du point de tir, ou même à des distances beaucoup plus grandes, sans qu'il y ait une forte atténuation.

RÉSUMÉ :

A. La présente invention a pour objet une charge explosive servant à engendrer une impulsion destinée à l'exploration sismique et caractérisée par les points suivants, pris isolément ou en combinaison :

1° Elle comprend un corps d'explosif puissant dans lequel est ménagée au moins une cavité susceptible d'engendrer un jet, cette cavité étant allongée de manière à donner naissance à un jet étendu et plan produisant un front d'onde de choc plan qui se propage latéralement à partir de la cavité;

2° La masse est pourvue d'une gorge de section en V pour produire un large jet donnant naissance à un front d'onde de choc relativement plan;

3° La section droite de ladite gorge est constante;

4° La gorge est symétrique par rapport à un plan;

5° Une charge servant à engendrer une impulsion explosive destinée à être utilisée dans l'exploration sismique comprend un corps généralement plat dans le bord duquel est constituée une gorge dirigée vers l'intérieur, pour engendrer un large jet produisant un front d'onde latéral généralement plan susceptible de s'appliquer à la surface du sol sur une zone étendue;

6° Une gorge à section en V entoure tout le pourtour du corps, s'étendant radialement vers l'intérieur, pour produire un jet en éventail vers l'extérieur sur un arc de 360°, de sorte que le front d'onde produit latéralement par ce jet soit appliqué à peu près simultanément sur une grande étendue d'un plan généralement parallèle à cette charge et à distance de celle-ci;

7° Une partie au moins du bord externe du corps est convexe vu en plan;

8° Le corps est en forme de disque et présente dans sa circonférence une gorge dirigée vers le centre, de sorte que le jet résultant s'étende en éventail autour de la charge sensiblement sur toute la périphérie de celle-ci, le front de l'onde de choc émise latéralement par ce jet étant généralement plan;

9° Dans les faces opposées du corps sont pratiquées des cavités productrices de jets, la section des cavités étant en V dirigé vers l'intérieur, les axes de symétrie des deux cavités étant inclinés dans le même sens par rapport au corps;

10° Les axes de symétrie des cavités se coupent sous un angle inférieur à 90° d'une quantité sensiblement égale à la somme des angles formés entre les jets et les fronts d'onde de choc respectifs se propageant latéralement;

11° Chaque face de l'explosif est évidée entre les bords à gorge et on dispose dans lesdits évidements de la matière de protection pour ralentir l'onde de souffle direct se propageant directement à partir de la charge perpendiculairement à son plan, de sorte que le front d'onde provenant de la charge est essentiellement constitué par l'onde de choc produite par le jet émanant desdites gorges en V;

12° Les surfaces latérales du corps sont évidées de manière à constituer une cloison centrale destinée à amorcer l'explosion et la matière de protection est disposée dans les parties évidées et s'étend au delà des limites radiales du corps, cette matière de protection ayant une masse suffisante pour ralentir l'onde de souffle direct jusqu'à une vitesse telle que le front d'onde provenant de la charge soit dû avant tout à l'onde de choc à front raide produite par le jet émanant de la gorge en V;

13° Les faces du corps sont évidées de manière à constituer les dépressions tronconiques ayant des

parois parallèles à celles de la gorge annulaire et des masses de protection coniques sont respectivement logées dans ces parties évidées, en épousant celles-ci et en se prolongeant notablement au delà des limites radiales du corps, de manière à freiner l'onde de souffle direct émanant de la charge explosive suivant une direction axiale par rapport à la charge et servant à concentrer l'énergie explosive dans le jet radial émanant de la gorge annulaire, en engendrant ainsi une onde de choc généralement plane;

14° Les masses de protection sont composées essentiellement par une matière inerte, dense, granulaire;

15° Le corps est en forme de disque, la surface de symétrie de la gorge est inclinée par rapport à l'axe du disque, de sorte que le jet soit en forme de parapluie, en donnant naissance à un front d'onde s'étendant latéralement vers le haut et vers le bas, le degré d'inclinaison étant tel que le front d'onde de choc produit à la surface inférieure du jet en parapluie soit en général plan, de sorte que l'énergie explosive peut être simultanément imprimée sur le terrain sur une grande surface;

16° Le degré d'inclinaison est tel qu'une onde de choc convergente s'avance latéralement à partir de la surface inférieure du jet;

17° Le disque est dégagé centralement de manière que l'explosif se concentre dans la partie du disque avoisinant la gorge, pour concentrer l'énergie de l'explosif dans le jet tout en réduisant au minimum l'onde de choc sphérique;

18° Les surfaces latérales du corps sont évidées de manière que les parois de la gorge ou indentation aient une épaisseur sensiblement uniforme;

19° La charge comporte une masse de protection sur un côté au moins dudit corps;

20° La masse de protection s'étend en général le long de l'axe de ladite indentation ou gorge, pour limiter l'effet de souffle direct de l'explosif suivant une direction s'étendant latéralement par rapport à l'axe de l'indentation sans exercer d'effet contraire sur l'onde de choc produite par le jet;

21° La masse de protection est disposée au moins du côté inférieur du corps, parallèlement à l'axe de l'explosif et latéralement par rapport à l'axe de l'indentation, la masse de blindage étant constituée au moins en partie par une matière inerte granuleuse ayant sensiblement les caractéristiques physiques du sable;

22° L'ensemble explosif comprend une masse de sable en forme de monticule, un disque explosif sur cette masse de sable, dans le bord périphérique externe du disque une gorge à section en V produisant le jet, une seconde masse de sable de forme générale similaire à la première étant superposée au disque;

23° La masse de protection est telle que l'onde

de souffle est ralentie jusqu'à la vitesse du son et se contond directement sous la charge avec l'onde de choc produite par le jet;

24° La masse de protection s'étend au delà des limites radiales de l'explosif pour atténuer l'onde explosive se propageant directement à partir de la charge perpendiculairement à son plan, de sorte que le front d'onde explosive engendrée par la charge est dû presque entièrement au front de l'onde de choc produite par le jet émanant des gorges en V, cette masse de protection comprenant une enveloppe remplie d'un liquide vaporisable de caractéristiques semblables à celles de l'eau;

25° La masse de protection est adjacente à une face du corps et s'étend au delà de son bord externe, cette masse présentant une surface conique sur son côté adjacent audit corps, formant sensiblement un prolongement de la gorge en V;

26° La masse de protection s'applique à plat contre l'une des faces du corps;

27° La masse de protection est disposée au voisinage de chaque face du corps;

28° Une plaque métallique massive s'étend sur un côté au moins du corps parallèlement à l'axe de la cavité, indentation ou gorge, pour limiter l'effet de souffle direct de l'explosif suivant une direction transversale par rapport à l'axe de ladite indentation;

29° La charge comporte au moins une cavité pour former un jeu supersonique, ces cavités étant disposées de telle sorte que non seulement elles produisent un front d'onde généralement plan susceptible de rayonner en faisceau à travers le sol, mais encore pour que l'énergie contenue dans ce faisceau soit maximum dans la zone de la charge, et diminue peu à peu à mesure que la distance radiale par rapport à la charge augmente, ce qui réduit au minimum les pertes de transmission à travers la terre à la périphérie du faisceau.

B. L'invention a, d'autre part, pour objet un procédé de prospection ou d'exploration sismique, caractérisé par les points suivants pris isolément ou en toute combinaison :

30° Il consiste à faire exploser une charge de forme particulière au voisinage de la surface du sol, la charge étant orientée de telle sorte que le jet produit par elle soit en général horizontal, et à capter l'impulsion de choc après qu'elle s'est propagée à travers les couches submergées;

31° On fait exploser une charge contenant une cavité produisant un jet, la charge étant orientée de telle sorte que le jet soit à peu près horizontal, et on capte l'onde de choc qui se propage latéralement à partir du jet après que cette onde ait été transmise à travers les couches submergées;

32° On fait éclater la charge au-dessus du niveau du sol;

33° La charge est orientée de telle sorte que le front d'onde résultant soit perpendiculaire au sens de propagation nécessaire pour obtenir une réflexion maximum sur un horizon réfléchissant, puis on recueille au moyen d'un géophone le front d'onde réfléchi sur cet horizon;

34° On oriente la charge, près de la surface du sol, de manière que le jet émis par la cavité ne soit pas obstrué et que le front de l'onde de choc produite par lui soit dirigé de manière à se propager vers un horizon réfléchissant submergé;

35° On oriente la charge explosive productrice du jet au-dessus du niveau du sol de telle sorte que le front d'onde de choc produite par le jet soit généralement horizontal;

36° Le procédé consiste à orienter une charge de Munroe placée au-dessus du niveau du sol de telle sorte que le front de l'onde de choc conique produite par le jet frappe le terrain à peu près horizontalement, puis on fait exploser la charge, le front d'onde se réfléchit sur un horizon réflecteur submergé et l'on capte l'onde réfléchie;

37° On utilise une charge de Munroe présentant une cavité conique, cette charge étant orientée au-dessus du niveau du sol, de telle sorte que l'axe de la cavité soit dirigé vers le bas sous un angle égal à l'angle de Mock;

38° On oriente une charge creuse ayant une cavité produisant le jet à section en V, placée au-dessus du niveau du sol, de telle sorte que l'axe de la cavité soit en général perpendiculaire à la direction de propagation voulue pour l'impulsion sismique, mais soit incliné dans la direction voulue sous un angle égal à celui formé entre le jet et le front de l'onde de choc qui se propage latéralement à partir de celui-ci;

39° On pratique dans les bords opposés d'une charge explosive aplatie une gorge dirigée sous un certain angle par rapport au plan de la charge pour produire un front d'onde de choc convergent, on fait exploser la charge au-dessus du sol pour que

le front d'onde de choc converge vers un horizon réfléchissant submergé, et on capte l'onde réfléchie sur celui-ci;

40° On utilise une charge dans les bords opposés de laquelle sont pratiquées des gorges productrices de jets, on oriente la charge placée au-dessus du sol, de telle sorte que les gorges soient dirigées horizontalement, on dispose contre la face inférieure de la charge une masse de protection, on fait exploser la charge de telle sorte que le front de l'onde de choc qui s'avance latéralement à partir de la surface inférieure du jet se propage dans la direction voulue, et on capte le front d'onde en un point éloigné sur sa direction de propagation, ladite masse servant à atténuer l'impulsion explosive, sauf celle qui provient du jet;

41° La masse de protection sert à réduire le souffle sphérique de l'explosion tout en n'exerçant aucun effet d'atténuation sur le front de l'onde de choc produite par le jet;

42° On oriente une charge explosive productrice de jet placée au-dessus du niveau du sol de telle sorte que l'onde de choc produite par le jet frappe le terrain à plat, ce jet n'étant pas obstrué, de telle sorte que l'écrasement du milieu non élastique se trouve supprimé, et que la raideur et la haute fréquence du jet soient conservées pendant sa propagation dans l'air, la charge étant disposée au-dessus du sol à une hauteur non inférieure à un mètre et ne dépassant pas 3 mètres environ, de sorte que l'énergie du front d'onde de choc se répartisse sur le terrain avec un niveau d'amplitude inférieur à celui auquel il se produit une forte atténuation, ce qui préserve la raideur du front d'onde pendant la transmission à travers la terre, et on capte le front d'onde en un point éloigné.

Société dite : INSTITUTE OF INVENTIVE RESEARCH.

P. r. percuratio n :

D.-A. CASALONGA.











